

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-313607

(43)Date of publication of application : 09.11.2001

(51)Int.Cl.

H04B 10/02  
H04B 10/18  
G02B 26/06

(21)Application number : 2000-128547

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 27.04.2000

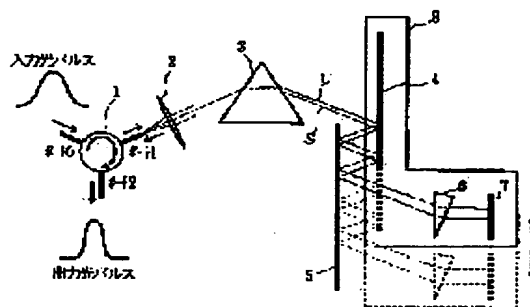
(72)Inventor : SAKAUCHI MASAHIRO

## (54) DISPERSION COMPENSATOR

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a dispersion compensator which can avoid transmission characteristics deterioration caused by a nonlinear optical effect and the ripple of a group delay characteristics and vary dispersion compensation quantity and is also easily made small-sized.

**SOLUTION:** This compensator is provided with an optical circulator for outputting an input optical pulse from a port 0 to a port 1, a collimation lens for collimating its output light, a prism for dispersing a wavelength component included in the input optical pulse, 1st and 2nd reflectors parallelly arranged so as to perform multiple reflection of a light beam including each dispersed wavelength component, a wedge-shaped prism on which the light beam subjected to multiple reflection is made incident at a prescribed incidence angle and which collimates and outputs the light beam, and a 3rd reflector on which the output light of the wedge-shaped prism is made incident at the incidence angle of 90° and which reflects the output light, inputs the reflected light to the port 1 of the optical circulator through the wedge-shaped prism, the 1st and 2nd reflectors, the prism and the collimation lens and outputs the reflected light as an output optical pulse that compensates for the wavelength dispersion of an optical fiber transmission line.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.03.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3478237

[Date of registration] 03.10.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-313607  
(P2001-313607A)

(43) 公開日 平成13年11月9日 (2001.11.9)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 4 B 10/02		G 0 2 B 26/06	2 H 0 4 1
10/18		H 0 4 B 9/00	M 5 K 0 0 2
G 0 2 B 26/06			

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-128547 (P2000-128547)

(22) 出願日 平成12年4月27日 (2000.4.27)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 坂内 正宏

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100103090

弁理士 岩壁 冬樹

Fターム(参考) 2H041 AA23 AB15 AB26

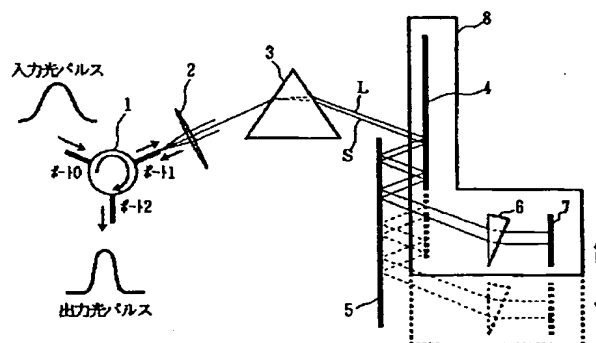
5K002 BA02 BA21 CA01 FA01

(54) 【発明の名称】 分散補償器

(57) 【要約】

【課題】 非線形光学効果による伝送特性劣化と群遅延特性のリブを回避でき、分散補償量を可変できるとともに小型化が容易な分散補償器を得る。

【解決手段】 入力光パルスポート0からポート1へ出力する光サーキュレータと、その出力光をコリメートするコリメートレンズと、その入力光パルスに含まれる波長成分を分光するプリズムと、分光された各波長成分を含む光ビームを多重反射させるように平行配置した第1および第2の反射鏡と、そこで多重反射された光ビームを所定の入射角で入射し、コリメートして出力するくさび型プリズムと、くさび型プリズムの出力光を入射角90度で入射して反射する第3の反射鏡とを備え、その反射光をくさび型プリズム、第1および第2の反射鏡、プリズム、コリメートレンズを介して、光サーキュレータのポート1に投入し、ポート2から光ファイバ伝送路の波長分散を補償した出力光パルスとして出力する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ファイバ伝送路の波長分散によって波形歪みを受けた入力光パルスをポート0から入力し、ポート1から出力する光サーキュレータと、

前記光サーキュレータのポート1の出力光をコリメートするコリメートレンズと、

前記コリメートレンズの出力光を所定の入射角で入射し、前記入力光パルスに含まれる波長成分を分光するブリズムと、

前記ブリズムで分光された各波長成分を含む光ビームを多重反射させるように平行配置した第1および第2の反射鏡と、

前記第1および第2の反射鏡で多重反射された光ビームを所定の入射角で入射し、コリメートして出力するくさび型ブリズムと、

前記くさび型ブリズムの出力光を入射角90度で入射し、くさび型ブリズムに対して反射する第3の反射鏡とを備え、

前記第3の反射鏡の反射光を前記くさび型ブリズム、前記第1および第2の反射鏡、前記ブリズム、前記コリメートレンズを介して、前記光サーキュレータのポート1に10 入力し、ポート2から前記光ファイバ伝送路の波長分散を補償した出力光パルスとして出力する構成であることを特徴とする分散補償器。

【請求項2】 請求項1に記載の分散補償器において、前記ブリズムからの光ビームを最初に反射する反射鏡を第1の反射鏡とし、第2の反射鏡との間で多重反射させた後に第2の反射鏡の反射光を前記くさび型ブリズムに入射する構成としたときに、第1の反射鏡と前記くさび型ブリズムと前記第3の反射鏡を固定して平行移動させる可動ステージを備えたことを特徴とする分散補償器。 20

【請求項3】 請求項2に記載の分散補償器において、前記可動ステージは、前記第1および第2の反射鏡の間隔が変化しない方向に平行移動させ、反射回数を変化させる構成であることを特徴とする分散補償器。

【請求項4】 請求項2に記載の分散補償器において、前記可動ステージは、前記第1および第2の反射鏡の間隔が変化する方向に平行移動させる構成であることを特徴とする分散補償器。

【請求項5】 請求項1に記載の分散補償器において、前記第1および第2の反射鏡は、両面に反射鏡コーティングを施したガラスプレートにより形成し、前記第1および第2の反射鏡を固定とした構成であることを特徴とする分散補償器。 40

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光ファイバ伝送路の波長分散を補償する分散補償器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 光ファイバ伝送システムでは、波長分散 50

の影響を避けるために、通常は光ファイバ伝送路の零分散波長付近の波長の光が用いられる。例えば、シングルモードファイバを伝送路に用いた場合には、その零分散波長である 1.3  $\mu\text{m}$  帯の光信号が用いられ、零分散波長を光ファイバの最低損失波長 1.55  $\mu\text{m}$  に設定した分散シフトファイバを伝送路に用いた場合には、1.55  $\mu\text{m}$  帯の光信号が用いられる。

【0003】 ここで、信号光波長が零分散波長からずれると、伝送路の波長分散の影響がでてくるが、比較的近距离の伝送の場合や伝送速度が遅い場合はほとんど問題にならない。しかし、長距離伝送や高速伝送の場合は、伝送路の波長分散が伝送特性を劣化させる要因となる。そのため、信号光波長をできるだけ零分散波長に近づける必要があるが、その一方で非線形光学効果（例えば四光波混合）の影響もあり、信号光波長と零分散波長を単純に一致させてよいものでもない。

【0004】 すなわち、光ファイバ伝送路の波長分散の影響は不可避であり、特に波長多重伝送する場合には各信号光波長に対する波長分散の影響は避けられない。また、現在敷設されているシングルモードファイバを伝送路に用いた 1.55  $\mu\text{m}$  帯の波長多重伝送には、なおさら波長分散の影響は無視できなくなる。したがって、このような光ファイバ伝送システムでは、光ファイバ伝送路の波長分散の補償が重要な課題の一つになっている。

【0005】 図6は、光ファイバ伝送システムの概略構成を示す。図において、61は光送信装置、62は光ファイバ伝送路、63は光中継器、64は分散補償器、65は光受信装置である。光送信装置61から光ファイバ伝送路62に送信された光信号は、所定の距離ごとに入入された光中継器63で光増幅されながら光受信装置65に伝送される。

【0006】 伝送直後の光信号は、光ファイバ伝送路62および光中継器63の波長分散により波形歪みが生じ、隣接光パルス間の干渉により伝送特性が劣化する。また、光信号の速度が増加するほど、1タイムスロット（1ビットの占める時間幅）が減少するので、波長分散による伝送特性への影響は増大する。そこで、この伝送路（光ファイバ伝送路62および光中継器63）の波長分散を補償する分散補償器64が用いられる。

【0007】 従来の分散補償器64は、伝送路と逆の符号で絶対値が等しい分散値を有する光ファイバまたはチャープファイバグレーティングを用い、伝送路の波長分散を補償している。

【0008】 図7は、チャープファイバグレーティングのモデルを示す。ファイバグレーティングは、光ファイバのコアに紫外線を照射し、周期的な屈折率変化を誘起してブラッグ回折格子を形成し、そのピッチに対応する波長の光を反射させる反射型フィルタである。チャープファイバグレーティングは、このピッチを光ファイバの長さ方向に変化させることにより、波長によって反射す

る領域を変化させて波長ごとに異なる遅延時間を与え、分散補償器として機能させるものである。図7に示すモデルでは、反射波長の短波長側（青）のピッチを細かく、長波長側（赤）のピッチを粗く表現している。

【0009】すなわち、伝送路の波長分散によって図7に示すような波形歪みを受けた光パルスをチャープファイバグレーティングに入射したとき、光パルスの立ち上がり部分（赤）はチャープファイバグレーティングの遠端で反射され、立ち下がり部分（青）は近端で反射する。これにより、光ファイバ伝送路の波長分散を補償し、反射光のパルス幅を狭くすることができる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】光ファイバを用いた分散補償器は、光ファイバ伝送路との結合が容易かつ接続損失が小さいという利点があるが、非線形光学効果により伝送特性を劣化させやすい問題点があった。さらに、分散補償量が固定であるために、光ファイバ伝送路の温度変化等による分散値の変動に対応できず、また曲げ損失が大きいため小型化が困難であった。

【0011】一方、チャープファイバグレーティングを用いた分散補償器はファイバ構造であるために、光ファイバを用いた分散補償器と同様に光ファイバ伝送路との結合が容易かつ接続損失が小さく、さらに小型化が容易である利点がある。しかし、同様に分散補償量が固定であるために、光ファイバ伝送路の分散値の変動には対応できないこと、温度調整機能が必要であること、群遅延特性にリブルが生じるなどの問題点があった。

【0012】本発明は、超高速光ファイバ伝送システムに用いられる分散補償器として、非線形光学効果による伝送特性劣化および群遅延特性のリブルを回避でき、さらに分散補償量を可変できるとともに小型化が容易な分散補償器を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の分散補償器は、光ファイバ伝送路の波長分散によって波形歪みを受けた入力光パルスをポート0から入力し、ポート1から出力する光サーキュレータと、光サーキュレータのポート1の出力光をコリメートするコリメートレンズと、コリメートレンズの出力光を所定の入射角で入射し、入力光パルスに含まれる波長成分を分光するプリズムと、プリズムで分光された各波長成分を含む光ビームを多重反射させるように平行配置した第1および第2の反射鏡と、第1および第2の反射鏡で多重反射された光ビームを所定の入射角で入射し、コリメートして出力するくさび型プリズムと、くさび型プリズムの出力光を入射角90度で入射し、くさび型プリズムに対して反射する第3の反射鏡とを備え、第3の反射鏡の反射光をくさび型プリズム、第1および第2の反射鏡、プリズム、コリメートレンズを介して、光サーキュレータのポート1に入力し、ポート2から光ファイバ伝送路の波長分散を補償した出

力光パルスとして出力する構成である。

【0014】また、プリズムからの光ビームを最初に反射する反射鏡を第1の反射鏡とし、第2の反射鏡との間で多重反射させた後に第2の反射鏡の反射光をくさび型プリズムに入射する構成としたときに、第1の反射鏡とくさび型プリズムと第3の反射鏡を固定して平行移動させる可動ステージを備え、分散補償量を可変させる構成としてもよい。

【0015】可動ステージは、第1および第2の反射鏡の間隔が変化しない方向に平行移動させ、反射回数を変化させる構成としてもよい。また、可動ステージは、第1および第2の反射鏡の間隔が変化する方向に平行移動させる構成としてもよい。また、第1および第2の反射鏡は、両面に反射鏡コーティングを施したガラスプレートにより形成して第1および第2の反射鏡を固定とし、分散補償量を固定とする構成としてもよい。

【0016】

【発明の実施の形態】（第1の実施形態）図1は、本発明の分散補償器の第1の実施形態を示す。図において、本実施形態の分散補償器は、ポート0、1、2を有する光サーキュレータ1、コリメートレンズ2、プリズム3、対向させた反射鏡4、5、くさび型プリズム6、反射鏡7、反射鏡4とくさび型プリズム6と反射鏡7を固定して平行移動させる可動ステージ8により構成される。可動ステージ8の移動方向を図中に矢印で示す。

【0017】光ファイバ伝送路の波長分散によって波形歪みを受けた入力光パルスは、光サーキュレータ1のポート0に入力され、ポート1から出力される。コリメートレンズ2は、光サーキュレータ1のポート1の出力光をコリメートしてプリズム3に所定の入射角で入射する。プリズム3は、入力光パルスに含まれる波長成分を分光する。これにより、入力光パルスの波長成分に応じた光路分布が生ずる。ここでは、簡単のために最短波長成分の光路Sと最長波長成分の光路Lのみを図示するが、他の波長成分の光路は光路Sと光路Lとの間に連続的に分布している。ここで、プリズム3で分光された各波長成分をまとめて光ビームという。

【0018】反射鏡4、5は、プリズム3から出力された光ビームを多重反射させ、くさび型プリズム6に入射する。くさび型プリズム6は、入射する光ビームをコリメートするようなくさび角を有する。反射鏡7は、くさび型プリズム6でコリメートされ、入射角90度で入射された光ビームを全反射する。これにより、光サーキュレータ1のポート1と反射鏡7との間に往復の光路が形成され、波形整形された出力光パルスが光サーキュレータ1のポート1に入力し、ポート2から出力される。

【0019】なお、反射鏡4、5、7の反射率は、使用波長帯域内で1とする。また、本分散補償器において分散補償量を決定するパラメータは、反射鏡4への光ビームの入射角、反射鏡4、5の間隔および反射鏡4の移動

長（反射鏡4、5による反射回数）、プリズム3およびくさび型プリズム6の屈折率および寸法、光学系の光ビームのコリメート幅などである。

【0020】以上の構成に基づいて、本実施形態の分散補償器の動作について説明する。波形歪みを受けた入力光パルスは、光サーキュレータ1のポート0に入力され、ポート1から出力してコリメートレンズ2でコリメートされ、プリズム3に入射する。プリズム3の入射面および出射面では、入力光パルスの波長成分に応じた屈折率で屈折するので、図1に示すような波長成分による光路分布を生ずる。プリズム3から出射する光ビームは、光ビーム幅をわずかずつ広げながら反射鏡4に入射される。さらに、反射鏡4、5の間で多重反射され、反射鏡5で反射した光ビームがくさび型プリズム6によりコリメートされ、反射鏡7に入射角90度で入射する。反射鏡7の反射光は、以上の光路を逆方向に光サーキュレータ1のポート1まで進行し、ポート2から出力される。

【0021】次に、本発明における分散補償の原理について、図2を参照して説明する。図1に示す可動ステージ8により可動する反射鏡4と固定の反射鏡5の相対位置に応じて、光ビームの反射回数が決まる。この反射回数に応じてプリズム3とくさび型プリズム6との距離が決まり、くさび型プリズム6に入射する光ビームの光ビーム幅が決まる。図2は、図1におけるプリズム3とくさび型プリズム6を反射鏡4、5を省略して直線的に配置したものである。ここでも、簡単のために最短波長成分の光路Sと最長波長成分の光路Lのみを図示する。

【0022】光路Lは経路(a-f)を通過し、反射鏡7への入射角は90度となる。光路Sは経路(b-c-d-e)を通過し、反射鏡7への入射角は90度となる。ここで、光路Sと光路Lの往路の光路差は、経路(b-c-d-e)と経路(a-f)の差であり、光路Sの方が長くなる。なお、光路Sと光路Lの往復の光路差は、往路の2倍となる。さらに、くさび型プリズム6の屈折率を考慮した光路Sと光路Lの光路長差についても、光路Sの方が長くなる。これにより、短波長成分の方が長波長成分よりも大きな遅延を受けることになる。これは、光ファイバの波長分散と逆の特性を示し、光ファイバの波長分散による各波長成分の遅延差をキャンセルしてパルス波形が整形される、すなわち分散補償されることになる。

【0023】次に、本発明における分散補償量の可変原理について、図3を参照して説明する。図1に示す可動ステージ8により可動する反射鏡4と固定の反射鏡5の相対位置に応じて、光ビームの反射回数が決まる。反射鏡4が移動すると反射回数が増加し、その反射回数に応じてプリズム3とくさび型プリズム6との距離が変化し、くさび型プリズム6に入射する光ビームの光ビーム幅が変化する。図3は、反射鏡4、5の相対位置を変え

たときのプリズム3とくさび型プリズム6の距離を示す。すなわち、反射回数が増す方向に反射鏡4を移動することは、くさび型プリズム6を位置Aに対してプリズム3から遠くなる位置Bに移動することと等価になる。

【0024】くさび型プリズム6の位置Aと位置Bでは、位置Bで入射する光ビームの光ビーム幅が広がっているために、光路Sと光路Lの光路長差はさらに大きくなる。すなわち、光路Lの経路(a-f)の光路長が位置Aと位置Bで不変とすると、位置Bにおける光路Sの経路(b'-c'-d'-e')の光路長は、位置Aにおける光路Sの経路(b-c-d-e)の光路長より長くなる。したがって、反射鏡4、5における反射回数を増やし、プリズム3とくさび型プリズム6の距離を遠ざけるほど、光路Sと光路Lの光路長差が大きくなり、分散補償量が大きくなる。

【0025】このとき、くさび型プリズム6に入射する光ビーム幅も広がるが、くさび型プリズム6の入射面とプリズム3からの光路Sおよび光路Lのなす角度が不変であるので、くさび型プリズム6からの出射光はコリメート状態を保つ。すなわち、分散補償量を変えるために複雑な光学調整を行う必要はない。このように、可動ステージ8を移動して反射鏡4、5における光ビームの反射回数を増減することにより、光路Sと光路Lの光路長差も段階的に増減するので、分散補償量も段階的に変化させることができる。なお、反射鏡4、5の間隔を小さくするほど、最小分散可変量を小さくすることができる。

【0026】（第2の実施形態）第1の実施形態は、図1において反射鏡4、5の平行位置関係を保ったまま可動ステージ8を上下方向（一次的）に移動させ、反射回数の増減によって分散補償量を段階的に変化させる構成である。第2の実施形態では、分散補償量を連続的に変化させるための構成例を示す。

【0027】分散補償量を連続的に変化させるためには、反射鏡4、5の間隔を連続的に変化させればよい。これは、図4に示すように可動ステージ8を反射鏡4、5の平行位置関係を保ったまま斜め方向（二次元的）に移動させる。この方法では、反射鏡4、5における反射回数が増加しないように、反射鏡4、5の間隔だけを連続的に変化させることができる。

【0028】また、図1および図4に示す移動方向を組み合わせることで、例えばある範囲では分散補償量の連続可変を実現し、その他の範囲では段階的に分散補償量を可変させ、かつ補償範囲を拡大させるような構成とすることも可能である。

【0029】（第3の実施形態）分散補償量を可変させる必要がない場合には、反射鏡4、5として、図5に示すように両面に反射鏡コーティング9を施したガラスプレート10を用いてもよい。ただし、ガラスプレート10の光ビームの入射部および出射部は、反射鏡コーティ

ングは施されていない。本構成は、分散補償量が固定の場合に、製造および調整が容易な分散補償器として用いることができる。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の分散補償器は、プリズム、レンズおよび反射鏡を用いた空間系で構成されており、従来の光ファイバ構造に見られるような光学系内に光パワー密度が著しく高くなる部分がないので、非線形光学効果による波形劣化が原理的に生じない効果がある。

【0031】また、本発明の分散補償器は、グレーティングのような周期的な反射特性を有するデバイスを用いていないので、群遅延特性のリブルを回避することができる。

【0032】また、本発明の分散補償器は、波長成分ごとの光路長差を変化させるために反射鏡による多重反射および可動ステージ構成をとっているため、簡単な構成で煩雑な光軸調整を全く必要とせず分散補償量を可変させることができる。また、本発明の分散補償器は、プリズム、レンズおよび反射鏡などの基本的な光学部品で構成し、かつ可動ステージ構成をとっているため、マイクロ 옵ティクス技術を利用することにより容易に小型化することができる。

【図面の簡単な説明】

\*

\*【図1】 本発明の分散補償器の第1の実施形態を示す構成図である。

【図2】 本発明における分散補償の原理について説明する図である。

【図3】 本発明における分散補償量の可変原理について説明する図である。

【図4】 本発明の分散補償器の第2の実施形態を示す構成図である。

【図5】 本発明の分散補償器の第3の実施形態を示す構成図である。

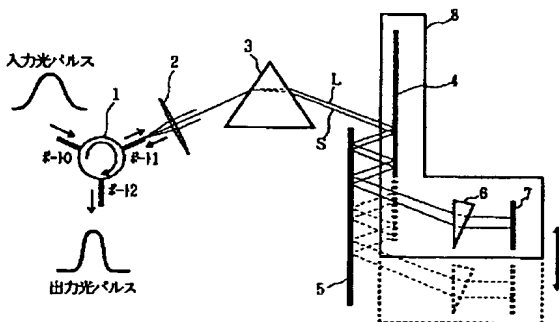
【図6】 光ファイバ伝送システムの概略構成を示すブロック図である。

【図7】 チャープファイバグレーティングのモデルを示す図である。

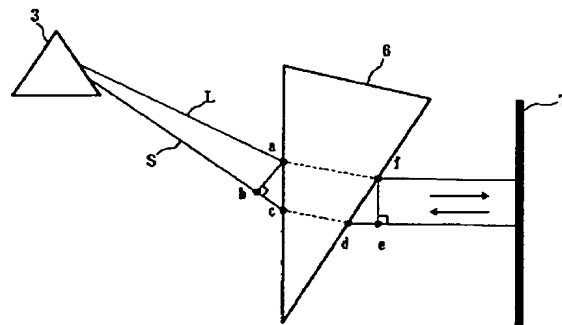
【符号の説明】

- 1 光サーキュレータ
- 2 コリメートレンズ
- 3 プリズム
- 4, 5, 7 反射鏡
- 6 くさび型プリズム
- 8 可動ステージ
- 9 反射鏡コーティング
- 10 ガラスプレート

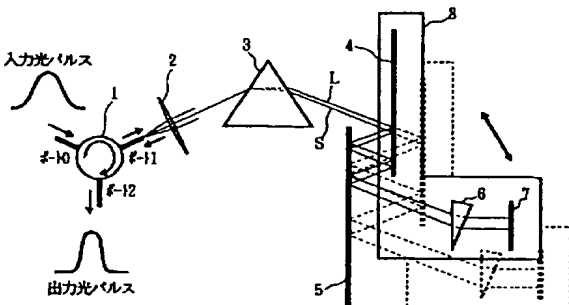
【図1】



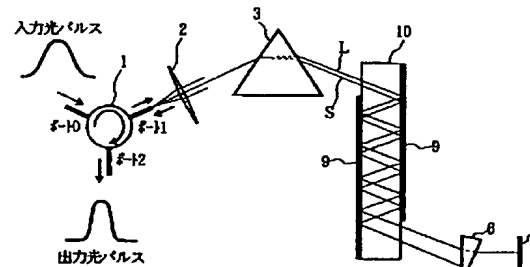
【図2】



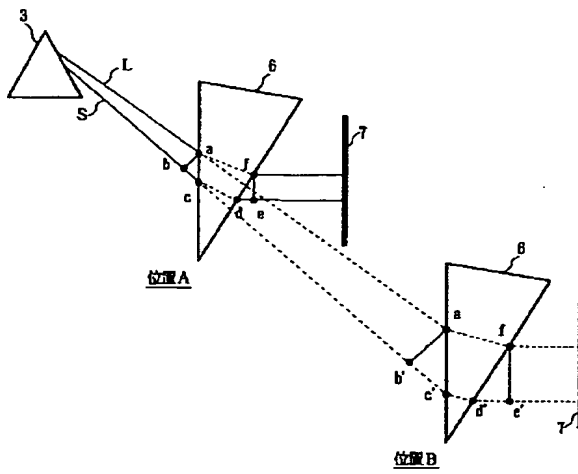
【図4】



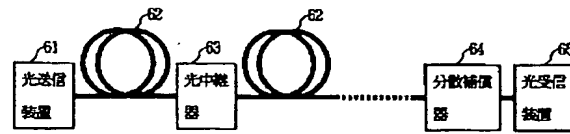
【図5】



【図3】



【図6】



【図7】

